

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 440**

51 Int. Cl.:

G02B 27/48	(2006.01)
G02B 6/14	(2006.01)
G02B 27/01	(2006.01)
H04N 5/74	(2006.01)
H04N 9/31	(2006.01)
G02B 3/00	(2006.01)
G02B 6/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2009 PCT/US2009/050786**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.03.2010 WO2010027563**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2009 E 09790506 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2338080**

54 Título: **Sistema y procedimiento de eliminación de moteado de una imagen iluminada por una fuente de luz coherente**

30 Prioridad:

02.09.2008 US 93626 P
17.12.2008 US 337111

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.06.2017

73 Titular/es:

Elbit Systems of America, LLC (100.0%)
4700 Marine Creek Parkway
Fort Worth, TX 76179, US

72 Inventor/es:

TILLEMANN, MICHAEL, M. y
TRAYNOR, JOSEPH, THOMAS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 620 440 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de eliminación de moteado de una imagen iluminada por una fuente de luz coherente

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas de procesamiento de imagen y más particularmente a un sistema y procedimiento para reducir el moteado en una imagen iluminada por una fuente de luz coherente.

Antecedentes de la invención

10 Para mejorar la resolución y brillo de sistemas de procesamiento de imagen y para proporcionar una mejor calidad de foto, pueden usarse fuentes de luz coherente tales como láseres en lugar de las fuentes de luz incoherente tales como diodos emisores de luz (LED) y lámparas. Sin embargo, la calidad de la imagen puede sufrir aún dado que las fuentes de luz coherente producen frecuentemente imágenes que tienen un notable patrón subyacente a la imagen. Este patrón subyacente, también conocido como moteado, surge debido a la elevada coherencia de la luz fuente. Los láseres, que son casi monocromáticos y coherentes, transmiten ondas de radiación electromagnética que están ampliamente en fase. Debido a que la radiación electromagnética en fase da como resultado frentes de onda de luz que llegan a un objetivo o pantalla al mismo tiempo, tras la interacción con la superficie del objetivo, las ondas de luz individuales interfieren entre sí. Si esta superficie es rugosa e imperfectamente lisa entonces la interferencia entre las ondas de luz interfiere constructiva y destructivamente formando así un patrón de franjas de brillo y oscuridad, y la imagen puede aparecer granulosa a un observador.

15 El documento EP1292134 divulga un aparato de visualización, que incluye una fuente de luz láser para la emisión de un haz de luz; un expansor del haz para la expansión del haz de luz; un modulador espacial de luz; óptica de conformación del haz para conformar el haz láser expandido para proporcionar iluminación uniforme del modulador espacial de luz, incluyendo la óptica de conformación del haz un integrador de ojo de mosca que tiene una matriz de lentes; y un difusor móvil localizado en el haz láser entre la fuente de luz láser y el modulador de luz espacial.

Sumario de la invención

20 De acuerdo con la invención, se proporciona: un sistema de generación de imagen de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento para la generación de una imagen de acuerdo con la reivindicación 12.

Sumario de la invención

30 De acuerdo con una realización, se proporciona un procedimiento para la reducción del moteado en una imagen producida a partir de una fuente coherente de radiación. El procedimiento incluye el acoplamiento de un haz fuente recibido desde una fuente óptica coherente en una fibra óptica multimodo. Una posición de al menos una parte de la fibra puede modularse usando un dispositivo de yuxtaposición. El haz fuente puede refractarse en una lente después de que se desacople de la fibra óptica, de modo que el haz fuente se dirija a un difusor de microlentes. De acuerdo con una realización particular, el haz fuente puede proyectarse desde el difusor de microlentes sobre un modulador espacial que genera la imagen. El modulador espacial puede posicionarse para proyectar el haz fuente a través de una lente de procesamiento de imagen, a un objetivo.

35 De acuerdo con otra realización, un sistema de generación de imagen incluye una fibra óptica multimodo posicionada para recibir un haz fuente desde una fuente óptica coherente. Puede acoplarse un dispositivo de yuxtaposición con la fibra óptica para modular una posición de al menos una parte de la fibra óptica. Se configura una lente para refractar el haz fuente de modo que el haz fuente se dirija a un difusor de microlentes. De acuerdo con una realización particular, el difusor de microlentes se posiciona para proyectar el haz fuente sobre un modulador espacial. El modulador espacial puede posicionarse para proyectar el haz fuente a través de una lente de procesamiento de imagen, a un objetivo.

40 Algunas realizaciones de la invención proporcionan numerosas ventajas técnicas. Algunas realizaciones pueden beneficiarse de algunas, ninguna o todas estas ventajas. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, las fuentes de luz coherente pueden usarse para producir imágenes con un contraste de moteado mejorado. Pueden reducirse los patrones granulosos destacables subyacentes a la imagen y, por ello, pueden mejorarse la satisfacción del observador con el sistema de procesamiento de imagen.

45 Específicamente, una ventaja puede ser que pueden reducirse los moteados producidos por las propiedades inherentes de las fibras ópticas multimodo. Mediante la modulación de la posición de la fibra óptica multimodo, puede alterarse la distribución de potencia en cada modo sostenido por la fibra óptica. En realizaciones particulares, puede controlarse la modulación de la posición de la fibra óptica mediante la yuxtaposición usando un dispositivo de yuxtaposición electromecánico de modo que mediante la aplicación selectivamente de una tensión, pueda dar como resultado una reducción predecible en el contraste de moteado.

50 Otra ventaja más puede ser que pueden reducirse los moteados introducidos en una imagen debidos a la rugosidad superficial del objetivo de visualización. Por ejemplo, puede usarse una matriz de microlentes, en realizaciones

particulares, para proporcionar homogenización del haz y una conversión del perfil de iluminación arbitraria. La matriz de microlentes puede convertir un haz de radiación coherente en una multitud de pequeños haces que divergen para solaparse entre sí sobre la pantalla, difusor, combinador, u otra visualización objetivo.

5 El patrón resultante sobre una pantalla es conocido en la técnica como interferencias de modo o ruido modal. Tras alternar la posición de la fibra se cambia la distribución de potencia entre los modos, cambiando así la magnitud de iluminación del modo individual. En consecuencia, se altera el patrón de interferencia de modo. Por ello una modulación de la posición impuesta sobre la fibra da como resultado la modulación del patrón de interferencia de modo. Suponiendo que la modulación se aplique a una frecuencia mayor que el ancho de banda de integración del ojo, entonces la imagen moteada aparente obtenida por la interferencia de modo se reduce y puede quedar imperceptible.

10 Otra ventaja más puede ser la reducción de los moteados en las imágenes producidas por sistemas de visión frontal y/o gafas de realidad virtual. Por ejemplo, los puntos de brillo y oscuridad que están presentes típicamente en las líneas, caracteres y símbolos que componen la foto proyectada en dichos sistemas puede reducirse. Como resultado, la imagen puede aparecer más continua al observador, se hace posible una mayor densidad de detalles y se hacen más evidentes objetos más pequeños.

Otras ventajas técnicas serán fácilmente determinables por un experto en la materia.

Breve descripción de las figuras

Para una comprensión más detallada de la invención, y para características y ventajas adicionales, se hace referencia ahora a la descripción que sigue a continuación, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que:

20 la FIGURA 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para la reducción del moteado en un sistema de procesamiento de imagen, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
 la FIGURA 2 es un gráfico que ilustra los resultados de contrastes de moteado en función de la frecuencia eléctrica aplicada para yuxtaponer una fibra óptica, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
 25 la FIGURA 3 es un gráfico que ilustra los resultados de contraste de moteado realizados mediante varias técnicas de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación;
 la FIGURA 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para reducir el moteado en un sistema de procesamiento de imagen, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
 la FIGURA 5 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para la reducción del moteado, de acuerdo con otra realización de la presente divulgación; y
 30 la FIGURA 6 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para la reducción del moteado, de acuerdo con otra realización más de la presente divulgación.

Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

Las realizaciones particulares de la invención y sus ventajas se entenderán mejor por referencia a las FIGURAS 1 - 6 de los dibujos, siendo usados números iguales para partes iguales y correspondientes de los diversos dibujos.

35 Cuando se proyecta para observación un haz de luz producido por una fuente de radiación coherente, tal como desde un láser, puede subyacer sobre la imagen proyectada un patrón destacable. El patrón subyacente, también conocido como "moteado", no puede adaptarse fácilmente por el ojo humano. Como resultado, la imagen proyectada puede aparecer granulosa al observador. Por ejemplo, cuando se usa una fuente coherente de radiación para proyectar una imagen en un sistema de visión frontal o gafas de realidad virtual, las líneas, caracteres y símbolos que componen la imagen proyectada pueden incluir puntos de brillo y oscuridad. La simbología proyectada puede aparecer también dispersa en lugar de continua.

40 Un patrón de moteado es un patrón de intensidad granular producido por la interferencia mutua de un conjunto de frentes de onda en la retina del ojo o sobre una cámara debido a la superficie objetivo. Un ejemplo familiar es el patrón aleatorio creado cuando un haz láser se dispersa desde una superficie rugosa de rugosidad aleatoria. También, en la salida de una fibra óptica multimodo, un patrón de moteado es el resultado de una superposición de patrones de campo de modo. Si las velocidades del grupo modal relativo cambian con el tiempo, el patrón de moteado también cambiará con el tiempo. En la salida de la fibra los modos interfieren entre sí de acuerdo con su diferencia de fase produciendo de ese modo un ruido modal. Las realizaciones divulgadas descritas en la presente memoria se refieren en general al campo de la generación láser de imágenes "libres de moteado" y proyecciones láser "libres de moteado". Para las finalidades de la presente memoria, "libre de moteado" se refiere a una imagen que tiene relativamente bajo moteado, de modo que se obtiene una imagen de relativamente alta calidad. En realizaciones particulares, la invención engloba procedimientos y sistemas para la formación de imágenes relativamente lisas, libres de moteado en general, incluyendo, pero sin limitarse a, imágenes en movimiento, y/o simbología variable. De ese modo, puede reducirse la aparición de artificiosidades, y pueden producirse detalles de alta resolución. Se apreciará por los expertos en la materia que realizaciones particulares de la invención pueden ser particularmente útiles para sistemas de visión frontal (HUD, del inglés "head-up displays"), y gafas de realidad virtual (HMD, del inglés "head-mounted displays").

Más específicamente, realizaciones particulares de la presente invención divulgan un procedimiento y aparato para la eliminación del moteado de una imagen iluminada mediante una fuente coherente, tal como láser. Ciertas de estas realizaciones pueden emplear uno cualquiera o más de entre: (i) una fibra óptica multimodo, (ii) un dispositivo de yuxtaposición mecánico, y (iii) lentes y (iv) un conjunto de matriz de microlentes. En una realización particular, puede acoplarse un haz fuente a una fibra óptica multimodo, a continuación desacoplarse de la fibra óptica multimodo, contraerse (es decir, concentrarse) por la lente, dirigirse a la matriz de microlentes y proyectarse sobre un objetivo. En dicha realización, el objetivo puede incluir, pero sin limitarse a, una pantalla, difusor, o cámara.

Una cierta parte de la longitud de la fibra multimodo puede fijarse sobre el dispositivo de yuxtaposición mecánico para proporcionar desplazamiento mecánico periódico a toda o una parte de la fibra multimodo. Por ejemplo, el dispositivo de yuxtaposición puede incluir, pero sin limitarse a, un sacudidor acústico. Como resultado, puede reducirse sustancialmente el moteado aparente, produciendo una imagen predominantemente lisa. Por ello, de acuerdo con una realización particular de la presente invención, un objeto iluminado por láser puede formar una imagen sustancialmente libre de moteado.

En una realización particular de la invención, la matriz de microlentes puede comprender un ENGINEERED DIFFUSER™. En dicha realización, el sistema de la presente divulgación puede dar como resultado un contraste de moteado del 20 %, que se considera generalmente que es una calidad de imagen muy buena. En esta disposición, el contraste de moteado se define como la relación entre la diferencia y la suma de las intensidades máxima y mínima en el campo óptico en el objetivo.

Un fenómeno subyacente para las enseñanzas de la presente divulgación es que un haz coherente que viaja a través de una fibra multimodo se propaga en muchos modos sostenibles, teniendo cada uno su velocidad de grupo individual. Para una posición dada de la fibra, cada modo recibe una fracción de la potencia óptica que se desplaza en la fibra correspondiente a un coeficiente de ponderación, de modo que el campo eléctrico total asociado con la iluminación óptica es la suma ponderada de los campos eléctricos de modo. En la salida de la fibra los modos interfieren entre sí de acuerdo con su diferencia de fase. El patrón resultante sobre una pantalla es conocido en la técnica como interferencia de modo o ruido modal.

Tras la alteración de la posición de la fibra, se cambia la distribución de potencia entre los modos, cambiando así los coeficientes de ponderación de modo. En consecuencia, se altera el patrón de interferencia de modo. En otras palabras, una modulación de posición impuesta sobre la fibra da como resultado la modulación del patrón de interferencia de modo. Suponiendo que la modulación se aplica a una frecuencia mayor que el ancho de banda de integración del ojo, entonces la imagen moteada aparente obtenida mediante interferencia de modo se reduce convirtiéndose en inapreciable, o en general "libre de moteado".

También, en ausencia de una matriz de microlentes (por ejemplo, un ENGINEERED DIFFUSER™) en la trayectoria óptica, una pantalla iluminada por la luz láser que emane de la fibra multimodo yuxtapuesta da como resultado una imagen granular, moteada, debido, al menos en parte, a la rugosidad superficial de la pantalla. La contribución de la matriz de microlentes es que cada microlente distribuye sobre su superficie un rayo incidente sobre la mayor parte de la pantalla, y la interferencia aparece como el patrón granular que ocurre entre los rayos en expansión. Estos rayos constituyen ondas que se originan desde varios modos de fibra que, una vez modulados, modulan a su vez la fase de los rayos en el objetivo, lo que de nuevo lo "emborrona" para el ojo humano.

Experimentos en laboratorio sugieren que la supresión de moteado máxima puede obtenerse cuando se vibra la fibra a aproximadamente 60 - 75 Hz. La supresión del moteado se reduce gradualmente para frecuencias menores, en donde el ojo comienza a resolver los moteados. La supresión del moteado se reduce también gradualmente para frecuencias más altas debido a la respuesta mecánica del dispositivo de yuxtaposición.

Algunos otros atributos del ENGINEERED DIFFUSER™ incluyen la homogenización del haz y la conversión de puntos de iluminación arbitrarios. Ambos contribuyen directamente a una imagen homogénea y una eficiencia de transmisión elevada sobre el objeto que está constituido, por ejemplo, por un modulador espacial tal como un cristal líquido o matriz MEMS (por ejemplo, DLP). Sin la activación del dispositivo de yuxtaposición, puede obtenerse en el laboratorio un contraste de moteado del 65 %, que no se considera en la técnica como una imagen de alta calidad, y la imagen puede parecer para el observador que está dentada.

Mediante la adición del efecto de yuxtaposición a la fibra de iluminación, el contraste para la imagen con la matriz de microlentes puede mejorarse hasta el 20 %. Esta es una magnitud de contraste de moteado considerada en la técnica como una calidad de imagen sustancialmente buena.

Las enseñanzas de la presente divulgación son particularmente aplicables, pero sin limitarse, sistemas de visión frontal con superficies parcialmente transmisoras usadas como un objetivo, conocido en la técnica como un "combinador". En otra realización, una o más de las realizaciones divulgadas pueden ser particularmente aplicables a, pero sin limitarse a, gafas de realidad virtual con superficies parcialmente transmisoras usadas como un objetivo, conocido en la técnica como un "combinador". En otra realización más, las enseñanzas de la presente divulgación pueden ser particularmente adecuadas para proyección láser.

La FIGURA 1 es un diagrama esquemático que ilustra una aproximación para la reducción del moteado en un

sistema 100 de procesamiento de imagen. El sistema 100 incorpora aspectos de la presente divulgación y se describe con más detalle a continuación. Con referencia a la FIGURA 1, por ejemplo, una fuente de radiación coherente (por ejemplo, un láser 102) emite un haz 103 fuente colimado acoplado por el acoplador 104 del haz a la fibra 106 multimodo. La fibra 106 multimodo de la FIGURA 1 se monta sobre un dispositivo de yuxtaposición 108. Fuera de la fibra 106 multimodo, el haz 103 se desacopla por las lentes 110 y se dirige sobre la matriz 112 de microlentes. A continuación, el haz se propaga hasta una distancia preseleccionada, de diseño al modulador 114 espacial. El modulador 114 espacial es proyectado a través de la lente 115 de procesamiento de imagen sobre la pantalla 116 objetivo.

La fibra 106 multimodo puede ser una fibra óptica que comprende un núcleo y un revestimiento en el que el núcleo de fibra 106 óptica tiene un índice de refracción más alto que el revestimiento de la fibra óptica. Como resultado, la radiación electromagnética es guiada en el núcleo de la fibra a lo largo de su longitud. En otra realización particular, la fibra 106 óptica puede consistir en una fibra óptica hueca. En otra realización más, la fibra 106 óptica puede constituir una guía de luz.

En realizaciones preferidas, sin embargo, la fibra 106 multimodo puede soportar muchas trayectorias de propagación o modos transversales. Las fibras multimodo tienen un diámetro mayor que las fibras monomodo. Por ejemplo, mientras que el diámetro del núcleo de una fibra óptica monomodo puede ser del orden de 4-10 micrómetros, el diámetro del núcleo de una fibra multimodo puede ser del orden de 50 micrómetros a 1 milímetro. Un incremento en el diámetro del núcleo de la fibra multimodo incrementa aproximadamente de modo cuadrático el número de modos sostenidos por la fibra óptica. En una realización particular, la fibra 106 óptica multimodo puede incluir una fibra de índice escalonado que tiene un diámetro del núcleo del orden de 105 a 400 micrómetros.

Mientras que las pérdidas asociadas con una fibra multimodo pueden ser muy bajas y la disrupción de la fase de la luz que pasa a través de la fibra 106 óptica puede ser muy sutil, cada modo soportado por la fibra 106 óptica multimodo puede propagarse con una velocidad de grupo ligeramente diferente. En consecuencia, el modo fundamental puede salir de la fibra 106 óptica a la velocidad más rápida, y cada modo más elevado sucesivo puede retardar su salida desde la fibra 106 óptica. Como resultado, las emanaciones de los diversos modos sobre una pantalla o un difusor pueden interferir entre sí de acuerdo con su diferencia de fase. La imagen proyectada da como resultado una interferencia de modo o ruido modal, que también se denomina "moteado".

Para una posición física dada de la fibra óptica, sin embargo, cada modo en una fibra 106 óptica multimodo transporta una parte de la potencia óptica que se desplaza en la fibra 106 óptica. La fracción asociada con cada modo corresponde a un coeficiente de ponderación de modo que el campo eléctrico total asociado con la iluminación óptica es la suma ponderada de los modos. Debido a que la fibra 106 óptica es flexible, la posición de la fibra 106 óptica puede variarse en el espacio. Por ejemplo, la fibra 106 óptica puede devanarse sobre un carrete, alisarse en toda su longitud, o fijarse en bucles, tal como se muestra en la FIGURA 1.

El dispositivo de yuxtaposición 108 proporciona desplazamiento mecánico periódico de la fibra 106 óptica. Por ello, el dispositivo de yuxtaposición 108 impone una modulación de posición sobre al menos una parte de la fibra 106 óptica. En realizaciones particulares, el dispositivo de yuxtaposición 108 puede incluir una etapa de yuxtaposición que actúa sobre un sacudidor acústico. El dispositivo de yuxtaposición 108 hace vibrar la fibra 106 óptica para alterar continuamente la posición de la fibra 106 óptica en el espacio.

De acuerdo con una realización particular de la presente divulgación, el sistema de la FIGURA 1, sin la matriz 112 de microlentes o modulador 114 espacial, y con el dispositivo de yuxtaposición 108 inactivo, puede generar una imagen sobre la pantalla 116 objetivo que tiene un contraste de moteado de aproximadamente el 88 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 1, sin la matriz 112 de microlentes o modulador 114 espacial, pero con el dispositivo de yuxtaposición 108 activo realizado mediante un diafragma acústico hecho vibrar a una frecuencia de 70 Hz, puede generar una imagen sobre la pantalla 116 objetivo que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 85 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 1, que usa la matriz de microlentes pero sin el modulador 114 espacial, y con el dispositivo de yuxtaposición 108 inactivo, puede generar una imagen sobre la pantalla 116 objetivo que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 65 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 1, sin el modulador 114 espacial, pero con el dispositivo de yuxtaposición 108 activo realizado mediante un diafragma acústico hecho vibrar a una frecuencia de 70 Hz, puede generar una imagen sobre la pantalla 116 objetivo que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 20 %.

En realizaciones particulares, el dispositivo de yuxtaposición 108 puede controlarse eléctricamente usando una tensión aplicada selectivamente para dar como resultado una reducción predecible en el contraste de moteado. La FIGURA 2 representa un gráfico 200 que ilustra los resultados del contraste de moteado en función de la frecuencia eléctrica aplicada para modular la fibra 106 óptica. Específicamente, se aplicaron al dispositivo de yuxtaposición 108 frecuencias de vibración entre 0 y 115 Hz para modular la fibra 106 óptica. Donde no se aplicó tensión eléctrica y no se moduló la fibra óptica en absoluto, el contraste de moteado es del orden de aproximadamente 0,90 (90 %). Sin embargo, cuando se aplicó una tensión eléctrica mayor de 25 Hz para modular la fibra 106 óptica, se redujo el contraste de moteado. Como se muestra en la FIGURA 2, la reducción de contraste de moteado significativa tiene lugar donde la tensión eléctrica está entre 30 y 100 Hz. A dichas frecuencias, el contraste de moteado puede reducirse a un valor que es menor de o cercanamente menor de 0,2 (20 %).

Como puede verse en la FIGURA 2, la supresión de moteado en la imagen se reduce gradualmente para frecuencias más bajas (menores de 60 Hz), en donde el ojo comienza a resolver los moteados. La supresión de moteado se reduce también gradualmente para frecuencias más altas (mayores de 100 Hz) debido a la respuesta mecánica del dispositivo de yuxtaposición 108. Sin embargo, el intervalo óptimo de yuxtaposición óptica de la fibra 106 para dar como resultado la reducción mayor en el contraste de moteado puede tener lugar con una tensión eléctrica del orden de aproximadamente 60 a 75 Hz. Por ello, puede usarse la manipulación selectiva de la tensión eléctrica para reducir el contraste de moteado a un nivel predecible y manejable.

La FIGURA 3 representa un gráfico 300 que ilustra los resultados del contraste de moteado realizado mediante varias tecnologías para la reducción del moteado que se han explicado anteriormente. Más específicamente, la FIGURA 3 es un gráfico de barras del contraste de moteado que puede obtenerse con fibras estáticas y yuxtapuestas, con y sin matriz de microlentes. Incluye una comparación del contraste de moteado para sistemas similares o idénticos al sistema de la FIGURA 1, con y sin un ENGINEERED DIFFUSER™. El moteado puede introducirse en la imagen como resultado de las propiedades inherentes de tanto la fibra multimodo como de un objetivo de visualización imperfecto.

La barra 302 ilustra los resultados de contraste de moteado en donde no se usa un dispositivo de yuxtaposición 108 para vibrar mecánicamente la fibra 106 óptica multimodo. Como se muestra, puede observarse un contraste de moteado de aproximadamente el 88 %. Por el contrario, la barra 304 ilustra los resultados de contraste de moteado cuando se usa un dispositivo de yuxtaposición 108 para vibrar mecánicamente la fibra 106 óptica multimodo. Aunque el contraste de moteado en dichos sistemas es menor que en el sistema en donde no se modula la fibra óptica, el contraste de moteado observado de aproximadamente el 85 % no puede considerarse por sí mismo una mejora sustancial en donde se introduce un moteado adicional a la imagen mediante una visualización objetivo imperfecta.

Al contrario que los escenarios previos, la barra 306 ilustra los resultados de contraste de moteado en donde se usa una matriz 112 de microlentes, tal como un ENGINEERED DIFFUSER™, sin la inclusión adicional de un dispositivo de yuxtaposición 108 para hacer vibrar mecánicamente la fibra 106 óptica multimodo. Como se muestra, el contraste de moteado en dicho escenario no es apreciablemente diferente de un sistema que incluye ni un dispositivo de yuxtaposición 108 ni una matriz 112 de microlentes. Sin embargo, la barra 308 ilustra los resultados de contraste de moteado en donde se usan tanto una matriz 112 de microlentes como un dispositivo de yuxtaposición 108 para una reducción del moteado combinada. Como puede verse, cuando se añaden ambos componentes al sistema, se reduce el contraste de moteado a un valor que es menor del 20 %. En consecuencia, si están presentes múltiples fuentes de moteado en una imagen, el contraste de moteado puede mejorarse más cuando el sistema incorpora tanto el dispositivo de yuxtaposición 108 como la matriz 112 de microlentes. Puede ser deseable, por lo tanto, proporcionar un sistema de procesamiento de imagen que incluya tanto un dispositivo de yuxtaposición 108 como una matriz 112 de microlentes para reducir el efecto de moteado observable en una imagen.

La matriz 112 de microlentes incluye un componente óptico que incluye múltiples lentes formadas en una matriz monodimensional o multidimensional sobre un sustrato de soporte. En diversas realizaciones, la matriz 112 de microlentes puede incluir de millares a millones de lentes miniatura muy pequeñas que tienen un diámetro del orden de aproximadamente 50 a 100 micrómetros.

En una realización particular, la matriz 112 de microlentes puede incluir un ENGINEERED DIFFUSER™ tal como los ofrecidos por Thorlabs. El ENGINEERED DIFFUSER™ está compuesto de una matriz de lentes disimilares en donde el diámetro y longitudes focales de las lentes pueden variar. El ENGINEERED DIFFUSER™ puede seleccionarse para crear una huella deseada de la radiación coherente. Por ejemplo, tal como se desea para un sistema de procesamiento de imagen particular, el ENGINEERED DIFFUSER™ puede seleccionarse para generar haces que sean rectangulares, cuadrados, circulares, o de otra forma. Un ENGINEERED DIFFUSER™ configurado para generar haces de una forma cuadrada pueden ser adecuados para su uso con sistemas de visión frontal o gafas de realidad virtual, en realizaciones particulares.

La matriz 112 de microlentes puede funcionar también para redirigir los diversos vectores con el haz de modo que los pequeños haces diverjan para crear una luz incidente solapada sobre la pantalla 116, u otro difusor, combinador, u otro visualizador objetivo. En una realización particular, en la que las lentes de la matriz 112 de microlentes incluyen lentes positivas y tienen un diámetro del orden de 50 a 100 micrómetros, la longitud focal de dichas lentes puede ser de unos pocos centenares de micrómetros. Los pequeños haces salen de la matriz 112 de microlentes y divergen a puntos solapados sobre la longitud focal de la matriz 112 de microlentes. Por ello, cuando los pequeños haces se enfocan sobre la pantalla 116 posicionada a una distancia de la matriz 112 de microlentes que es mayor que la distancia de la longitud focal, los pequeños haces divergentes se solapan entre sí sobre la pantalla 116. Debido a que los pequeños haces se solapan entre sí, la combinación incluye la diferencia entre las diferentes fases promedio y amplitudes promedio de los pequeños haces. La combinación de vectores recibidos por la retina es dinámica, sin embargo se promedia a lo largo del tiempo de interacción del ojo y da como resultado una percepción reducida del moteado por el observador.

En esta forma, la matriz 112 de microlentes puede reducir adicionalmente el contraste de moteado en la imagen resultante proyectada sobre la pantalla 116 en donde puede introducirse moteado por imperfecciones en la pantalla

116. Cuando se combina esta técnica con la yuxtaposición de la fibra 106 óptica, los vectores modulados por la matriz 112 de microlentes corresponden con la yuxtaposición de la fibra para reducir sustancialmente el patrón de moteado en la imagen.

5 La FIGURA 4 ilustra un procedimiento 400 para reducir el moteado en una imagen generada por un sistema de generación de imagen. El procedimiento comienza en la etapa 402 en el que se genera un haz fuente. El haz fuente puede originarse a partir de cualquier fuente de radiación coherente. Por ejemplo, en una realización particular de la presente divulgación, la fuente coherente de radiación puede comprender una fuente láser de radiación electromagnética, un amplificador láser superradiador, u otra fuente coherente de radiación. En algunas realizaciones, la radiación coherente puede ser del orden de entre 400 y 750 nanómetros de modo que sea visible por el ojo humano. En otros, la radiación coherente puede ser mayor de 750 nanómetros de modo que no sea visible por el ojo humano.

En la etapa 404, el haz fuente se acopla a una fibra óptica. Toda, o una parte de la fibra óptica puede acoplarse con un dispositivo de yuxtaposición para imponer una modulación de posición sobre la misma, por ejemplo en la etapa 406.

15 A continuación, en la etapa 408, el haz fuente se desacopla de la fibra óptica y se refracta por una lente en la etapa 410. De esta forma, el haz fuente es dirigido a un difusor de microlentes en la etapa 412. El difusor de microlentes puede comprender un ENGINEERED DIFFUSER™. El difusor de microlentes se posiciona para proyectar el haz fuente sobre un modulador espacial que atribuye un patrón objeto al haz en la etapa 414, estando posicionado el modulador espacial para proyectar el haz fuente sobre un objetivo en la etapa 416.

20 La FIGURA 5 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema 500 HUD con un sistema para la reducción del moteado en su sistema de procesamiento de imagen, de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Con referencia a la FIGURA 5, por ejemplo, una fuente de radiación coherente (por ejemplo, un láser 502) emite un haz 504 fuente colimado acoplado por el acoplador 506 del haz a la fibra 508 óptica multimodo. La fibra 508 óptica multimodo de la FIGURA 5 se monta sobre un dispositivo de yuxtaposición 510. A partir de la fibra 508 multimodo, el haz 504 se acopla por las lentes 514 y dirige sobre la matriz 516 de microlentes. A continuación, el haz se propaga a una distancia preseleccionada, de diseño al modulador 518 espacial. El modulador 518 espacial envía la imagen a través de la lente 520 de procesamiento de imagen sobre la pantalla objetivo, por ejemplo el difusor 522. En realizaciones particulares, la fibra 508 multimodo puede soportar muchas trayectorias de propagación o modos transversales. En otra realización, la fibra 508 óptica multimodo puede incluir una fibra de índice escalonado que tiene un diámetro del núcleo del orden de 105 a 400 micrómetros.

Cada modo soportado por la fibra 508 óptica multimodo puede propagarse en una velocidad de grupo que es ligeramente diferente. En consecuencia, el modo fundamental puede salir de la fibra 508 óptica a la velocidad más rápida, y cada modo más elevado sucesivo puede retardar su salida desde la fibra 508 óptica. Como resultado, las emanaciones de los diversos modos sobre el difusor 522 pueden interferir entre sí de acuerdo con su diferencia de fase. La imagen proyectada da como resultado interferencia de modo o ruido modal, que también se denomina "moteado".

Para una posición física dada de la fibra óptica, sin embargo, cada modo en una fibra 508 óptica multimodo transporta una fracción de la potencia óptica que se desplaza en la fibra 508 óptica. La fracción asociada con cada modo corresponde a un coeficiente de ponderación de modo que el campo eléctrico total asociado con la iluminación óptica es la suma ponderada de los modos. Debido a que la fibra 508 óptica es flexible, la posición de la fibra 508 óptica puede variarse en el espacio. Por ejemplo, la fibra 508 óptica puede bobinarse sobre un carrete, alinearse en toda su longitud, o fijarse en bucles, tal como se muestra en la FIGURA 5.

El dispositivo de yuxtaposición 510 proporciona desplazamiento mecánico periódico de la fibra 508 óptica. Por ello, el dispositivo de yuxtaposición 510 impone una modulación de posición sobre al menos una parte de la fibra 508 óptica. En realizaciones particulares, el dispositivo de yuxtaposición 510 puede incluir una etapa de yuxtaposición que funciona sobre un sacudidor acústico. El dispositivo de yuxtaposición 510 hace vibrar la fibra 508 óptica para alterar continuamente la posición de la fibra 508 óptica en el espacio.

De acuerdo con una realización particular de la presente divulgación, el sistema de la FIGURA 5, sin la matriz 516 de microlentes o modulador 518 espacial, y con el dispositivo de yuxtaposición 510 inactivo, puede generar una imagen sobre el difusor 522 que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 88 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 5, sin la matriz 516 de microlentes o modulador 518 espacial, pero con el dispositivo de yuxtaposición 510 activo realizado mediante un diafragma acústico hecho vibrar a una frecuencia de 70 Hz, puede generar una imagen sobre el difusor 522 que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 85 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 5, usando la matriz de microlentes pero sin el modulador 518 espacial, y con el dispositivo de yuxtaposición 510 inactivo, puede generar una imagen sobre el difusor 522 que tenga un contraste de moteado de aproximadamente el 65 %. En otra realización, el sistema de la FIGURA 5, sin el modulador 518 espacial, pero con un dispositivo de yuxtaposición 510 activo realizado mediante un diafragma acústico hecho vibrar a la frecuencia 70 Hz, puede generar una imagen sobre el difusor 522 que tenga un contraste de moteado de

aproximadamente el 20 %.

5 Con referencia a la FIGURA 5, el difusor 522 emana rayos ópticos que contienen el contenido espacial generado por el modulador 518 espacial que propaga a un grupo 524 de lentes de retransmisión. Los rayos 526 retransmitidos se curvan mediante un prisma 528 dirigidos así hacia, y parcialmente reflejados desde, un combinador 530 que, en tanto que transmite la mayor parte de la luz incidente desde el lado izquierdo de la FIGURA 5 propagándose al lado derecho, refleja la mayor parte de los rayos 526 proyectados hacia los ojos 540 del observador 542. En una realización preferida el prisma 528 comprende una pieza plana por ejemplo un prisma Fresnel o un prisma holográfico. En una realización, el combinador 530 refleja al menos el 65 % de los rayos 526 de luz incidente.

10 La FIGURA 6 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema 600 de gafas de realidad virtual (HDM) con un subsistema para la reducción del moteado en su sistema de procesamiento de imagen, de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

15 Con referencia a la FIGURA 6, por ejemplo, una fibra óptica multimodo embebida en un cable 602 guía la radiación coherente (por ejemplo, un láser) al interior de una unidad 604 de generación de imagen en la que se incluyen los elementos desde 514 a 528 descritos en la FIGURA 5. La fibra óptica se monta sobre un dispositivo de yuxtaposición 603. Las dos unidades 604 de generación de imagen montadas sobre un sombrero o casco 606 se usan para la proyección de datos visuales a cada uno de los dos ojos del observador. En una realización, el cable 602 puede incluir conductos eléctricos que conducen datos electrónicos a un modulador espacial. La unidad 604 de generación de imagen emana rayos 608 ópticos que contienen contenido espacial dirigido hacia, y parcialmente reflejados desde, un combinador 610 visor que, mientras transmite la mayor parte de la luz incidente desde el lado izquierdo de la FIGURA 6 que se propaga al lado derecho, refleja la mayor parte de los rayos 608 proyectados hacia los ojos 612 del observador. En una realización, el combinador 610 visor refleja al menos el 65 % de los rayos 608 de luz incidente.

25 Aunque se ha descrito en detalle la presente invención, debería entenderse que pueden realizarse varios cambios, sustituciones y alteraciones a la misma sin apartarse del espíritu y alcance de la invención tal como se define por la reivindicación adjunta. Adicionalmente, los sistemas y procedimientos que incorporan alguna o una combinación de las técnicas anteriormente descritas pueden beneficiarse de algunas, ninguna, o todas las ventajas siguientes. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, pueden usarse fuentes de luz coherente para producir imágenes con contraste de moteado mejorado. Pueden reducirse notablemente los patrones de granulado subyacentes a la imagen, y por ello, puede mejorarse la satisfacción del observador con el sistema de procesamiento de imagen.

30 Específicamente, puede reducirse el moteado provocado por las propiedades inherentes de las fibras ópticas multimodo. Mediante la alteración de la posición de la fibra óptica multimodo, por ejemplo, puede alterarse la distribución de potencia en cada modo soportado por la fibra óptica. De ese modo, la modulación de la posición de la fibra óptica puede controlarse eléctricamente usando una tensión aplicada selectivamente para dar como resultado una reducción predecible en el contraste de moteado.

35 Adicional o alternativamente, puede reducirse el moteado introducido en una imagen debido a rugosidad superficial, ralladuras, excavados y otras imperfecciones en la superficie de visualización. Por ejemplo, puede usarse una matriz de microlentes, en realizaciones particulares, para mejorar la homogenización del haz y la conversión de iluminación arbitraria. La matriz de microlentes puede transformar un haz de radiación coherente en una multitud de pequeños haces que divergen para solaparse entre sí sobre la pantalla, difusor, combinador u otro visualizador objetivo. Debido a que los pequeños haces se solapan entre sí, la combinación de los vectores recibidos por la retina es dinámica pero se promedia sin embargo a lo largo del tiempo de interacción del ojo y dan como resultado la percepción reducida de moteado por el observador.

40 Una aplicación posible, pero no limitativa para dichas técnicas incluyen los sistemas de visión frontal y/o gafas de realidad virtual. En donde las aproximaciones anteriormente descritas se usan para reducir el moteado de las imágenes producidas por dichos sistemas, pueden reducirse sustancialmente o eliminarse los puntos de brillo y oscuridad que están presentes típicamente en las líneas, caracteres, y símbolos que componen la foto proyectada en los sistemas. Como resultado, la imagen puede aparecer más continua para el observador. Adicionalmente, debido a que no se manipula la visualización objetivo, el sistema de visualización requiere pocas partes móviles, conductos eléctricos, y controladores asociados con la visualización objetivo. Como resultado, los componentes del combinador u otro visualizador pueden reducirse en tamaño, o miniaturizarse.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) de generación de imagen, que comprende:

una fuente (102) óptica configurada para generar un haz (103) fuente coherente;
 una fibra (106) óptica posicionada para recibir el haz (103) fuente de la fuente (102) óptica coherente;
 5 un dispositivo de yuxtaposición (108) que se acopla con la fibra (106) óptica y que es operativo para modular una posición de al menos una parte de la fibra (106) óptica;
 una lente (110) configurada para refractar el haz (103) fuente; posicionándose una matriz (112) de microlentes para recibir el haz (103) fuente refractado desde las lentes (110) y proyectar el haz (103) fuente, incluyendo la matriz de microlentes una matriz de al menos un millar de lentes disimilares en el que los diámetros y longitudes focales de las lentes pueden variar y en el que los diámetros varían desde 50 a 100 micrómetros creando pequeños haces de luz solapados a partir del haz (103) fuente;
 10 una lente (115) de procesamiento de imagen; y
 un modulador espacial posicionado para recibir los pequeños haces proyectados desde el difusor (112) de microlentes y proyectar los pequeños haces a través de la lente (115) de procesamiento de imagen a una pantalla (116) objetivo que visualiza una imagen con un moteado reducido introducido por las imperfecciones en la pantalla (116) objetivo.

2. El sistema (100) de la reivindicación 1, en el que la fuente (102) óptica coherente comprende un láser.

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el difusor de microlentes proporciona homogenización del haz y conversión arbitraria del perfil de iluminación.

4. El sistema (100) de la reivindicación 1, en el que la fibra (106) óptica comprende una fibra de índice escalonado que tiene un diámetro del núcleo de uno cualquiera de entre 105 micrómetros, 200 micrómetros, 400 micrómetros o cualquier otro entre 105 micrómetros y 500 micrómetros.

5. El sistema (100) de cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 4, en el que el dispositivo de yuxtaposición (108) comprende una etapa de vibración mecánica.

6. El sistema (100) de cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 5, en el que el dispositivo de yuxtaposición (108) se modula a 30 Hz o más.

7. El sistema (100) de cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 6, en el que la pantalla (116) objetivo comprende uno cualquiera de entre una pantalla, un difusor (522) y una cámara.

8. El sistema (100) de cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 7, en el que el difusor (112) de microlentes se posiciona antes del modulador (114) espacial.

9. El sistema (100) de cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 8, que comprende adicionalmente:

un grupo (524) de lentes de retransmisión posicionado para retransmitir los rayos ópticos propagados desde un difusor (522); y
 un prisma (528) que se configura para curvar los rayos ópticos retransmitidos y dirigir los rayos retransmitidos hacia la pantalla (116) objetivo, siendo la pantalla (116) objetivo un combinador (530).

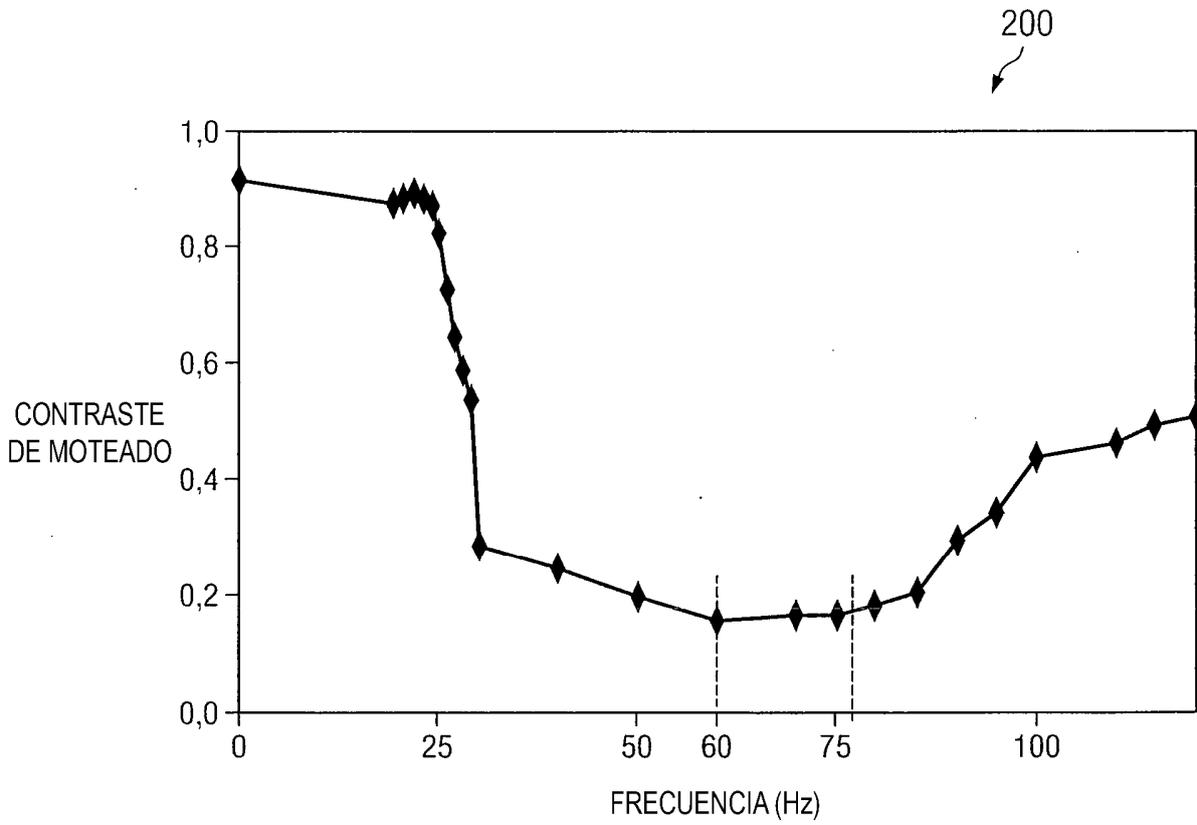
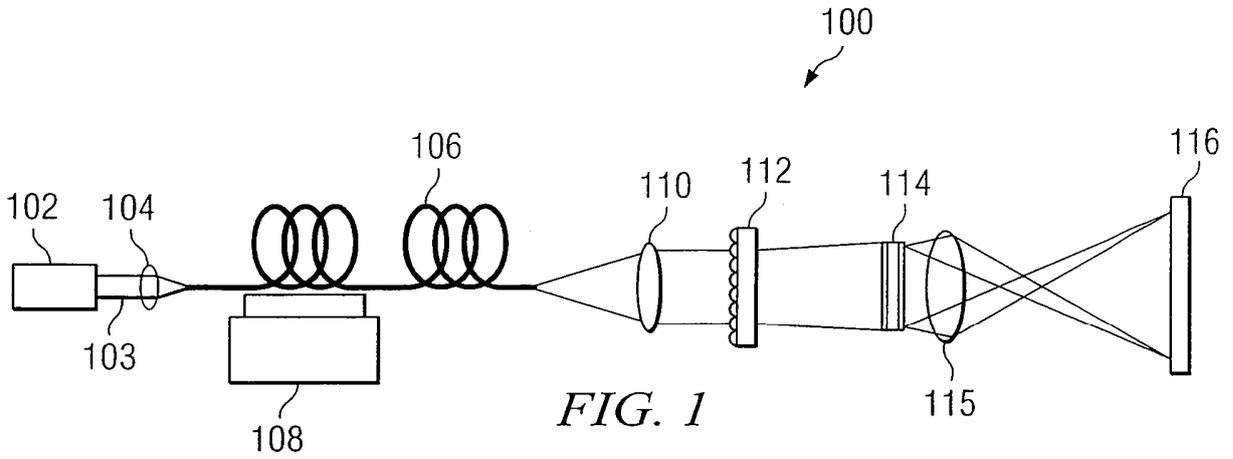
10. El sistema (100) de cualquiera desde la reivindicación 1 a la reivindicación 9, en el que se embebe una fibra (106) óptica en un cable, siendo operativa la fibra (106) óptica para guiar el haz fuente desde una pluralidad de unidades (604) de generación de imagen que se acoplan a un casco (606); comprendiendo cada unidad de generación de imagen la lente (110), el difusor (112) de microlentes, y el modulador (114) espacial posicionado para proyectar el haz (103) fuente, a través de las lentes (115) de procesamiento de imagen, a un combinador (610) visor que se acopla con el casco (606).

11. Un procedimiento para la generación de una imagen, que comprende:

acoplar un haz (103) coherente recibido desde una fuente (102) óptica en una fibra (106) óptica;
 modular una posición de al menos una parte de la fibra (106) óptica usando un dispositivo de yuxtaposición (108);
 45 refractar el haz (103) fuente en una lente (110) después de que se desacople de la fibra (106) óptica, de modo que el haz (103) fuente se dirija a una matriz (112) de microlentes; y
 proyectar el haz (103) fuente desde la matriz (112) de microlentes sobre un modulador (114) espacial, incluyendo la matriz de microlentes una matriz de al menos un millar de lentes disimilares en el que los diámetros y longitudes focales de las lentes varían y en el que los diámetros varían desde 50 a 100 micrómetros creando pequeños haces de luz que se solapan desde el haz (103) fuente; y
 50 posicionar el modulador (114) espacial para proyectar los pequeños haces a través de una lente (115) de procesamiento de imagen a una pantalla (116) objetivo visualizando la imagen con moteado reducido introducido por imperfecciones en la pantalla (116) objetivo.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente la visualización de una imagen formada por el haz (103) fuente proyectado sobre la pantalla (116) objetivo, apareciendo la imagen con un contraste de moteado de al menos el 20 %.

5 13. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la fuente (102) óptica coherente comprende un láser, y que comprende adicionalmente propagar la fuente (102) óptica coherente en un intervalo de longitudes de onda de uno cualquiera de 400-500 nanómetros, 510-550 nanómetros y 590-700 nanómetros.



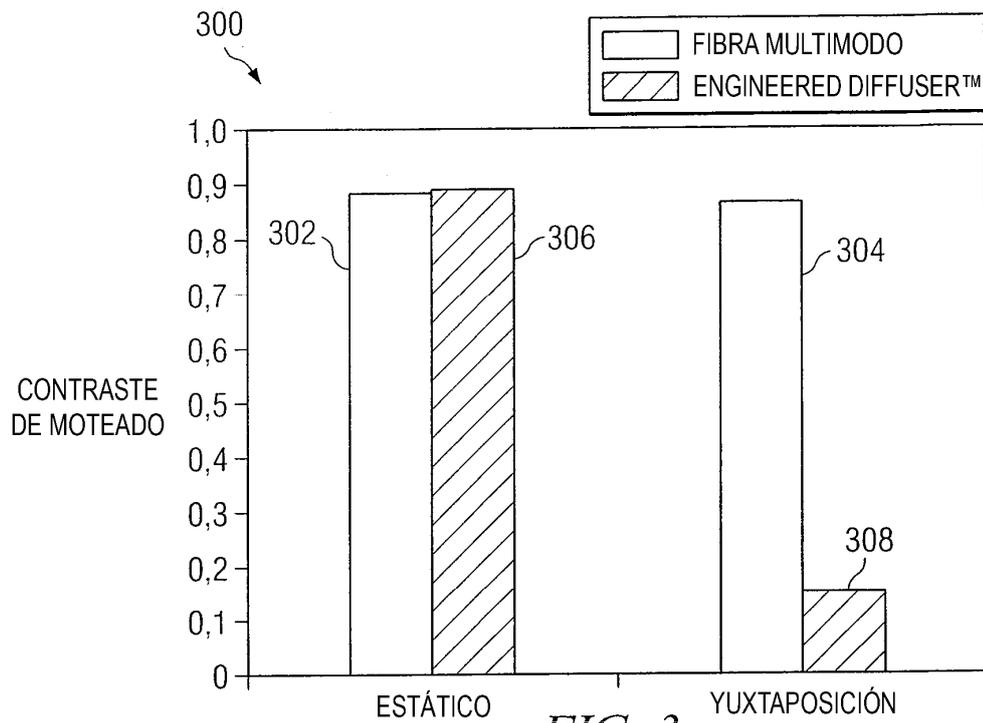


FIG. 3

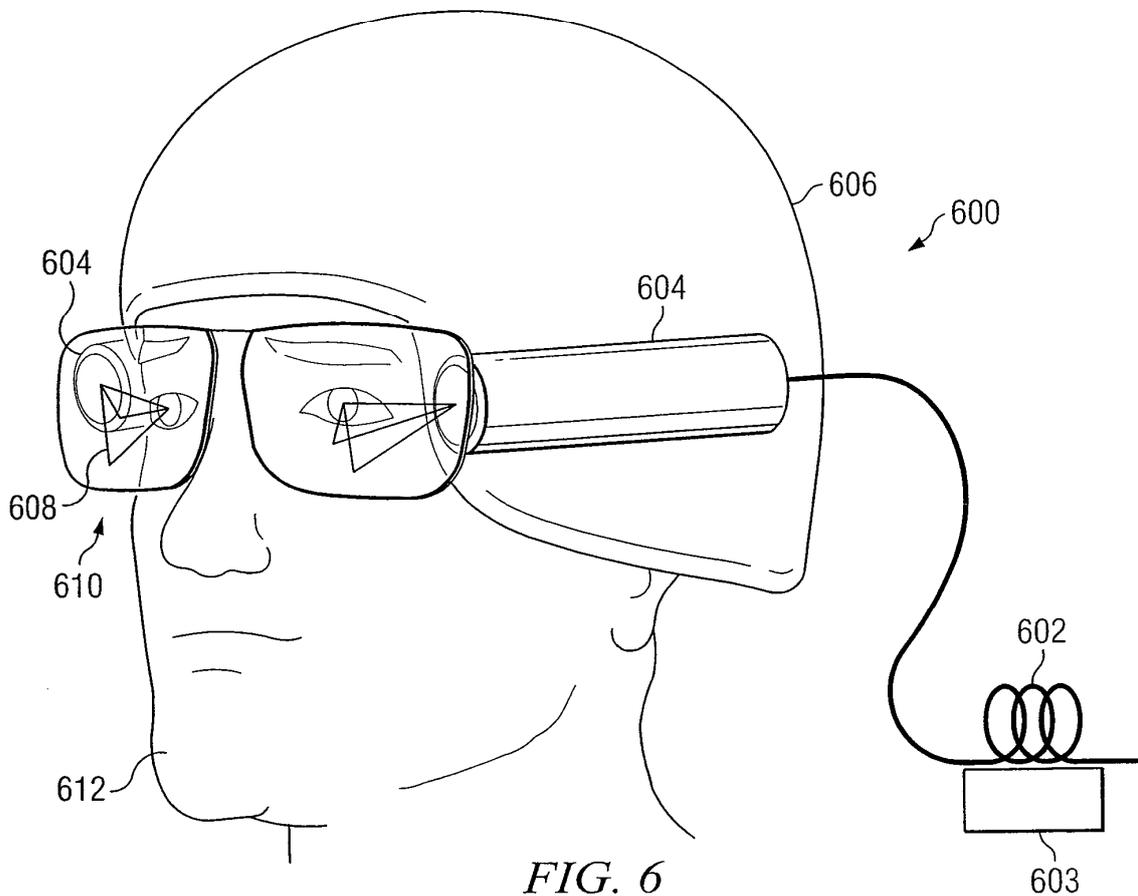


FIG. 6

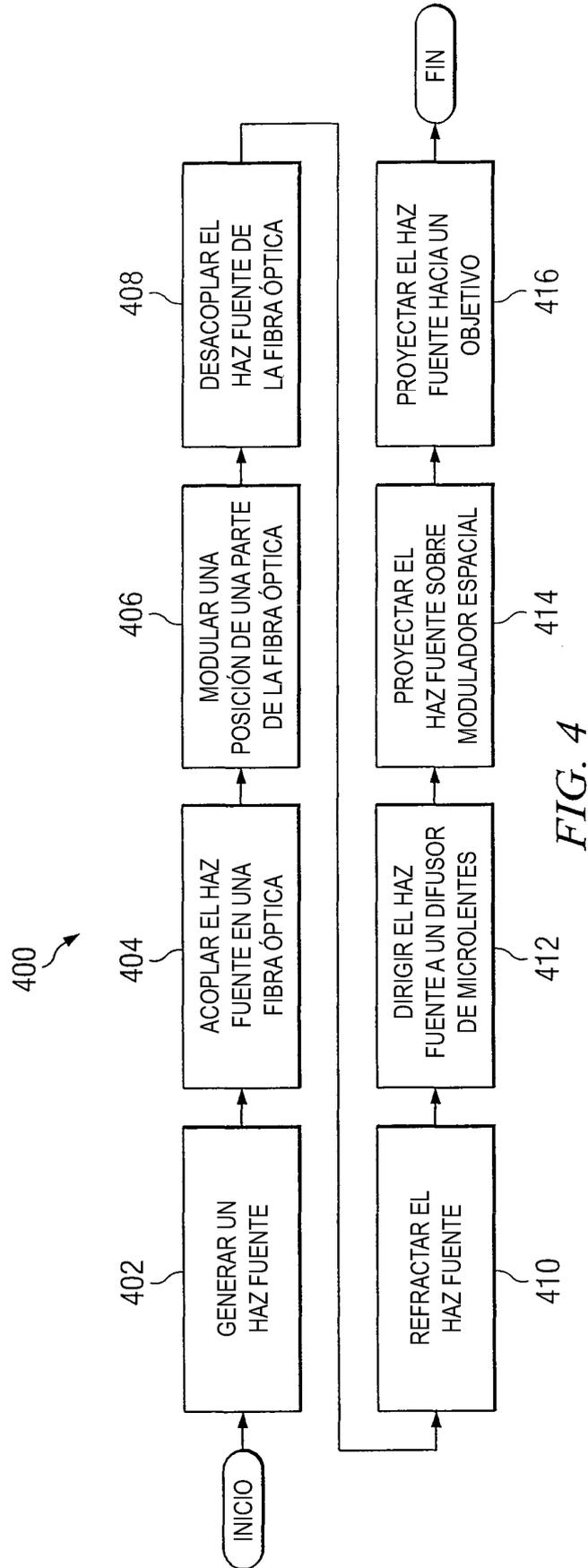


FIG. 4

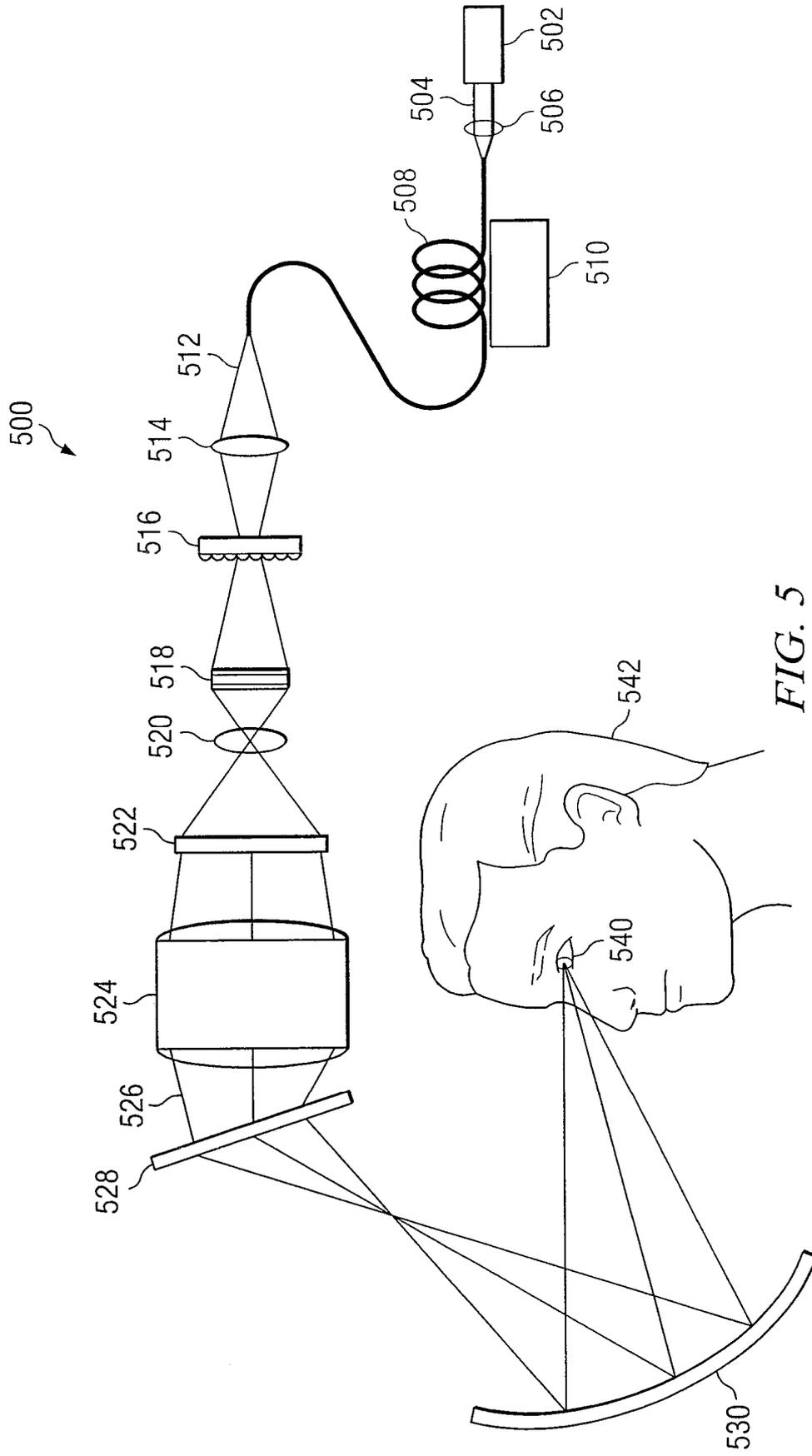


FIG. 5